



Photo Sarlin.

*Plantation d'Eucalyptus sur savane au Congo (Brazzaville).*

# L'EAU ET LE SOL

## L'EAU EN FORÊT, EN SAVANE ET DANS LES REBOISEMENTS

par P. SARLIN,

*Chef de la Division de Pédologie au Centre Technique Forestier Tropical*

### SUMMARY

#### WATER AND SOIL

*Vegetation depends not only on climate and amount of rainfall in a determined zone but also on soil which creates in this vegetation a well defined heterogeneity, especially in dry regions.*

*The author studies the relations between water and soil and their influence on the vegetation in various zones.*

*In Gaboon evergreen forest, the author has studied the influence of sand and clay ratio on vegetation in clay sandy soils. He has defined the soil retention capacity, the soil dessication and the withering point, the hygroscopic water, the available water and the soil water reserve.*

*In savanna area relationship between water and topography is displayed. It is characterized in the notion of Calena. Its consequences on the vegetation and on the inhabitants life habits are studied in the region of Ouahigouya in Upper-Volta.*

*Finally, the author considers relations between water and soil for Eucalyptus plantation.*

## RESUMEN

### EL AGUA Y EL SUELO

*La vegetación no depende únicamente del clima y de la altura de las precipitaciones pluviales en una zona determinada. El suelo introduce en esta vegetación una heterogeneidad determinante y especialmente en regiones secas.*

*El autor estudia las relaciones del agua y el suelo, así como su influencia sobre la vegetación en diversas zonas.*

*En bosque húmedo, en el Gabón, el autor ha examinado la influencia de la proporción de arena y de arcilla sobre la vegetación en suelo arcilloarenoso y define en su estudio : la capacidad de retención del suelo, la desecación del suelo y el punto de esquilmo, el agua higroscópica, el agua disponible y las reservas de aguas del propio suelo.*

*En la sabana, las relaciones del agua y del relieve son puestas en evidencia y se caracterizan en la noción de CATENA. Sus consecuencias sobre la vegetación y el modo de vida de los habitantes son estudiados, asimismo, en la región de Ouahigouya, en el Alto Volta.*

*El autor trata, finalmente, acerca de las relaciones del agua y del suelo en las repoblaciones de eucalipto.*

La végétation dépend, dans une large mesure, de l'alimentation en eau des plantes.

Cette eau est généralement d'origine climatique, mais le sol sert presque toujours d'intermédiaire.

En principe, il ne devrait pas y avoir de problème pour l'eau dans les régions à fortes précipitations, le manque d'eau ne se manifestant que dans les régions sèches ou de pluviosité moyenne.

Dans la pratique, le sol joue un rôle localement très important. Un sol perméable peut absorber les précipitations pluviales, même les plus fortes. Il a souvent, par contre, une faible capacité de rétention, et peut devenir dans certaines conditions, édaphiquement sec.

Le principe de bandes de végétation régulièrement disposées suivant les zones climatiques, n'est donc pas entièrement vérifié ; le sol apporte dans cette végétation, une très nette hétérogénéité.

Cette action du sol sur les différences des modes de distribution en eau est relativement peu marquée dans les régions très humides où naturellement l'eau ne manque pas, et aussi dans les régions très sèches où les propriétés différentielles des sols ne peuvent s'employer utilement, faute d'eau en suffisance.

C'est donc dans les régions moyennes où les précipitations sont du même ordre que les besoins de la végétation localement adaptée, que les différences apportées par le sol sur la végétation, seront les plus spectaculaires.

Ces différences, fixées d'une façon permanente,

contribuent à la longue à accentuer les caractères des sols ; un équilibre s'établit.

Nous allons examiner sur quelques exemples ce mécanisme bien particulier d'action du sol sur la végétation, par l'intermédiaire de l'eau.

Un sol imperméable laisse ruisseler à sa surface une partie des précipitations, de sorte que, il absorbe en fait une quantité d'eau inférieure au volume d'eau de pluie tombée en surface ; par contre, l'eau qui a ruisselé peut se rassembler en d'autres points qui reçoivent alors une quantité d'eau supérieure au volume d'eau de pluie tombée en ces points.

Ces points privilégiés peuvent donc, dans certains cas, recevoir et retenir une quantité bien supérieure à la lame d'eau représentant la pluviosité moyenne de la région.

Il peuvent même recevoir, grâce à leur position favorable et à leurs propriétés hydrodynamiques particulières, une quantité d'eau supérieure à celle qu'ils pourraient recevoir dans une autre région, en situation non privilégiée, même dans un climat beaucoup plus humide.

De plus, les sols sont plus ou moins disposés à céder leur eau aux plantes.

Ils sont plus ou moins économes de leur eau, car ils sont doués d'un pouvoir de rétention très variable.

Toutes ces qualités ou défauts se rencontrent à des degrés divers et selon les combinaisons les plus variées.

## 1. — L'EAU ET LE SOL EN FORÊT HUMIDE

Le Gabon a un climat généralement très humide, comportant cependant de larges variations dans ses précipitations, et en certains points une saison sèche qui peut durer 4 mois.

Ces différences peuvent avoir une influence sur

la végétation forestière, et nous avons pu observer le fait suivant :

-- Le bois de l'Okoumé n'a pas, le plus souvent, de cernes d'accroissement bien distincts.

— On remarque pourtant des cernes dans des bois de certaines provenances :

- Plaines sableuses du littoral.
- A la Koulounga, sur terrain sableux.
- Sur des billes (perdues) de provenance inconnue.

Ce fait semble lié à l'existence d'une saison sèche, et à l'état sablonneux du sol.

Nous avons supposé qu'un terrain sableux, ayant une teneur en eau plus faible qu'un terrain argileux, une saison sèche suffisamment longue pourrait provoquer un arrêt relatif de la végétation se traduisant par l'apparition de cernes visibles.

A la Koulounga, les sols sont généralement argilo-sableux, mais la diversité des roches mères d'une part (grès de N'Dombo, argiles ou marnes de Cocobeach, etc...), le remaniement fluvial d'autre part, peuvent faire varier grandement les proportions respectives de sable et d'argile.

Pour l'étude de ces sols argilo-sableux, nous avons été amenés à fabriquer à partir d'un sol moyen, divers sols dont les proportions relatives de sable et d'argile varient de façon systématique.

L'argile dispersée par l'ammoniaque est décantée, le sable est extrait par différence, et les mélanges sont faits selon les proportions :

Sable %	Argile %
100	—
90	10
80	20
60	40
20	80
—	100

Comme dans les horizons naturels, il n'y a pas de matières organiques (exception faite de la couverture morte superficielle). Un dernier échantillon est préparé à partir de cet élément.

L'eau est rajoutée progressivement à chacun de ces échantillons, jusqu'à ce que le sol perde sa structure. L'échantillon a tendance alors à s'affaisser, mais peut être maintenu sur un bac incliné à 45° sans couler, et sans laisser filtrer l'eau dont il est pratiquement saturé.

Le passage à la fluidité peut être obtenu en rajoutant 1 à 2 cm<sup>3</sup> d'eau, ce qui donne pour un échantillon de 100 g, une précision de 2 à 3 % acceptable, compte tenu du but que nous poursuivons.

#### CAPACITÉ DE RÉTENTION (C. R.).

La quantité d'eau ajoutée à un échantillon de 100 g doit être voisine, et légèrement plus élevée, que la capacité de rétention. Nous pouvons admettre que l'eau ajoutée est égale à la capacité de rétention.

Nous obtenons les résultats suivants :

Sable Grammes	Argile Grammes	Eau ajoutée cm <sup>3</sup>	25 S + 75 A 100
100	—	25	25
90	10	31	30
80	20	35	35
60	40	44	45
40	60	54	55
20	80	64	65
—	100	75	75

Nous remarquons que le sable et l'argile retiennent de l'eau différemment, et que, à la précision de 3 % environ, nous pouvons écrire :

$$C. R. = \frac{25 S + 75 A}{100}$$

Expressions dans lesquelles :

C. R. = Capacité de rétention.

S = Proportion de sable en %.

A = Proportion d'argile en %.

#### DESSICCATION A L'AIR LIBRE.

Tous les échantillons se dessèchent à l'air libre d'une façon analogue. La perte de poids en fonction du temps est représentée par plusieurs droites parallèles.

On peut penser qu'il en sera de même en forêt, avec une rapidité moindre, l'air étant plus humide en forêt qu'à Libreville où l'expérience est conduite ; de plus, la végétation et la couverture morte jouent le rôle d'écran protecteur.

Les figures que l'on obtiendrait dans la nature seraient vraisemblablement encore des droites parallèles, moins inclinées.

On observe cependant des différences entre les échantillons :

— Le sable se dessèche plus vite.

— Un apport de peu d'argile ralentit nettement les pertes en eau.

L'argile est incluse dans les vides du sable, qui la protège du moins au début, tandis que l'obturation des pores ralentit l'évaporation.

Ceci est vrai tant que la proportion d'argile est inférieure à 20 % (la porosité du sable étant de 25 % environ).

— La dessiccation est bien régulière entre 20 % et 40 % d'argile.

— Pour des teneurs en argile de 40 % et 60 %, des fentes de retrait accélèrent la dessiccation, phénomène qui ne se rencontrerait pas dans la nature sous ce climat, ou assez rarement.

— Au delà de 60 % d'argile la dessiccation redevient régulière.

Après un certain temps, la droite s'infléchit nettement pour les sols sableux, moins nettement pour les sols très argileux.

Ce changement correspond à une rétention d'eau par le sol, accrue au voisinage du point de flétrissement.

#### POINT DE FLÉTRISSEMENT (Pf).

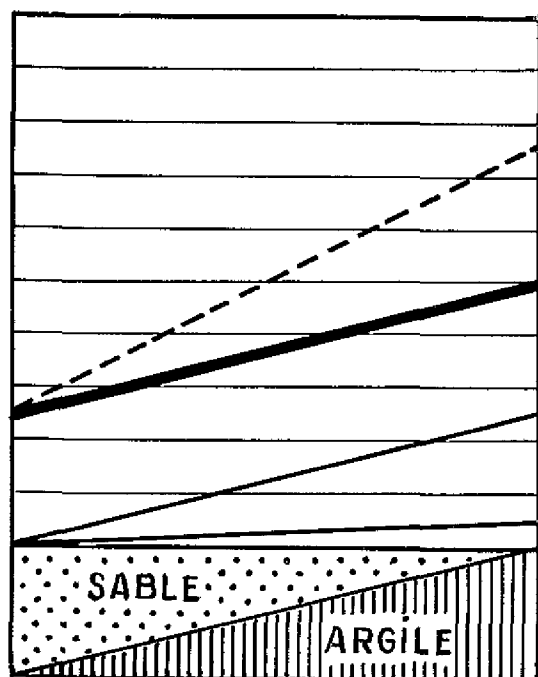
Nous traçons, un peu arbitrairement, sur le graphique de la dessiccation à l'air libre, la droite qui nous servira à représenter les teneurs en eau correspondant aux points de flétrissement.

Sable %	Argile %	Point de flétrissement Dédult du Graphique  (teneur en eau correspondante %)	Valeur de $\frac{A}{4}$
100	—	0	0
90	10	3	2,5
80	20	5	5
60	40	11	10
40	60	13	15
20	80	21	20
—	100	25	25

Nous admettons :

$$Pf = \frac{A}{4}$$

*Eau disponible.*



où :

Pf = Point de flétrissement (teneur en eau correspondante %).

A = Proportion d'argile en %.

Ce qui revient à dire que nous négligeons le pouvoir de rétention du sable, et que le pouvoir de rétention de nos échantillons dépend uniquement de la proportion d'argile.

Pour la matière organique, nous observons une courbure nette vers 33 % d'humidité.

#### EAU HYGROSCOPIQUE (Eh).

Après 15 jours, les échantillons ayant atteint un poids sensiblement constant sont secs à l'air.

Ils contiennent encore une certaine humidité, l'eau hygroscopique.

Sable %	Argile %	Eau hygroscopique Humidité mesurée %	Valeur de $5 \frac{A}{100}$
100	—	0	0
90	10	0,7	0,5
80	20	1,5	1
60	40	3,2	2
40	60	2,3	3
20	80	4,7	4
—	100	3,6	5

Il s'agit de faibles quantités d'eau, aussi une formule approximative simple sera-t-elle suffisante :

$$Eh = \frac{5 A}{100}$$

où :

Eh = Eaux hygroscopiques en %.

A = Proportion d'argile en %.

#### CR EAU DISPONIBLE (ED).

Il est possible de figurer, s'il s'agit d'approximations, les variations des quantités évoquées précédemment en fonction de la composition du sol, en y ajoutant l'eau disponible égale à la capacité de rétention diminuée de l'eau du point de flétrissement.

Nous avons :

$$ED = CR - Pf$$

$$= [25 S + 75 A - 25 A] \frac{1}{100}$$

$$Eh = [25 S + 50 A] \frac{1}{100}$$

La quantité d'eau disponible dans un sol forestier profond de 3 décimètres et de densité 2 serait, en considérant une surface de 1 dm<sup>2</sup>, de :  $(25 S + 50 A) \times \frac{1}{100} \times 6 = 1,5 S + 3 A$  kg ou dm<sup>3</sup> et

représenterait donc une lame d'eau de  $150 S + 300 A$  en mm.

S et A = proportion de sable et d'argile en %.

## RÉSERVES D'EAU DU SOL.

Nous sommes amenés à faire un certain nombre d'hypothèses, qui sont très voisines de la réalité dans les conditions de la région étudiée, ou, en tous cas, très vraisemblables :

— Précipitations mensuelles 200 mm.

— Pluies bien réparties dans les mois pluvieux.

— Partage égal des précipitations entre les besoins de la végétation (100 mm) et les pertes par infiltration et évaporation (100 mm), l'infiltration est importante, l'évaporation pratiquement négligeable dans un milieu fermé, un état hygrométrique élevé, une température constante.

— Rôle de la couverture morte négligeable (on admet que le supplément minime d'eau qu'elle stocke compense l'évaporation très réduite de la surface du sol).

— Arrêt des pluies net.

**En résumé :** La végétation, qui consomme par mois une quantité d'eau correspondant à une hauteur de 100 mm d'eau aborde brusquement la saison sèche avec comme réserves la seule eau disponible dans le sol, soit ED (hauteur de l'eau en mm). Cette réserve d'eau du sol peut assurer une végétation normale pendant un nombre de mois égal à N, tel que :

$$ED = 100 N = 150 S + 300 A$$

$$N = 1,5 S + 3 A$$

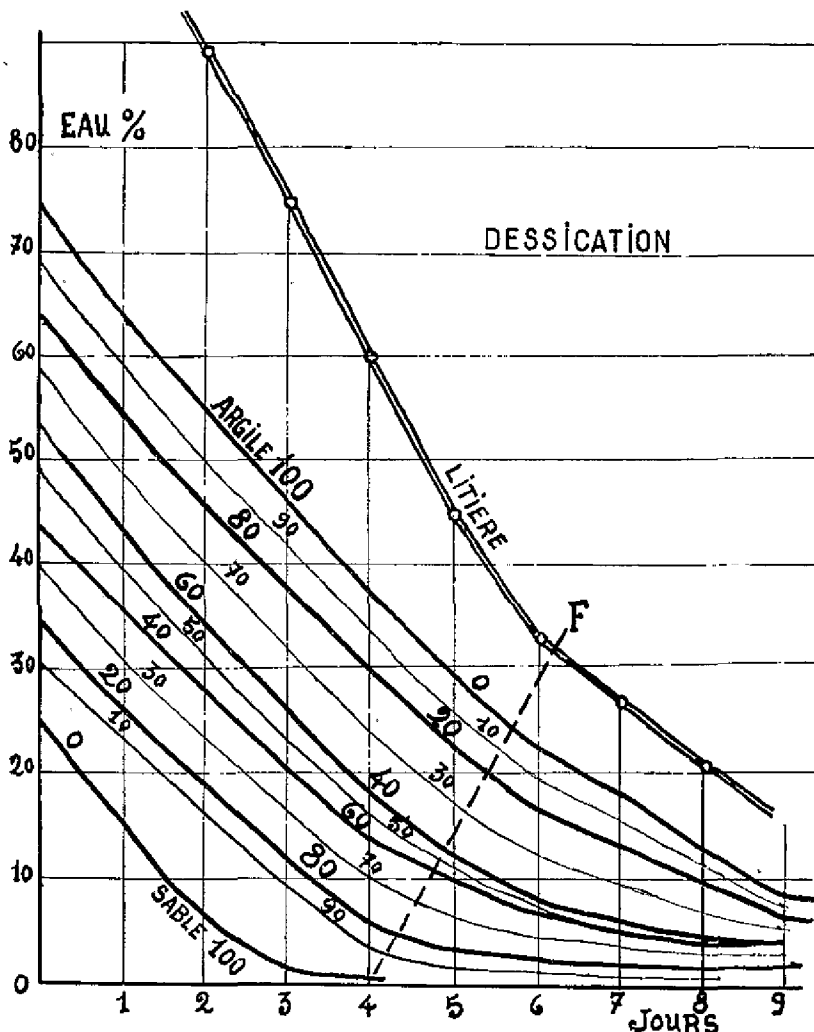
expressions dans lesquelles

ED = Eau disponible (hauteur en mm).

A = Proportion d'argile en %.

S = Proportion de sable en %.

La végétation peut être prolongée en saison sèche, pendant une durée d'autant plus grande que le sol



Dessiccation à l'air libre.

est plus argileux. Avec les hypothèses précédentes, nous pouvons distinguer :

1. Pas de saison sèche
2. Saison sèche de moins de 1 mois  $\frac{1}{2}$
3. Saison sèche de 1 mois  $\frac{1}{2}$  à 3 mois.
4. Saison sèche de plus de 3 mois.

Végétation continue

Végétation continue sur sols argileux.  
Arrêt possible sur sols sableux.

Végétation affectée par la saison sèche, en premier lieu sur sols sableux.

Ces considérations peuvent, dans une certaine mesure, rendre compte des différences observées, même sous climat humide, entre les végétations sur sols argileux ou sableux.

## II. — L'EAU ET LE SOL EN SAVANE

### A. — RELATIONS DE L'EAU ET DU RELIEF

#### MOTIF VÉGÉTAL ET CHAINES DE SOLS (CATENA)

Dans certaines régions, situées à la limite de la grande forêt et de la savane, on rencontre des formations végétales dont la succession se répète régulièrement comme les éléments d'un motif.

Les sols comportent également plusieurs types, peu nombreux, que l'on retrouve sur un cheminement à peu près dans le même ordre. Cette suite de sols est connue sous le nom de CATENA.

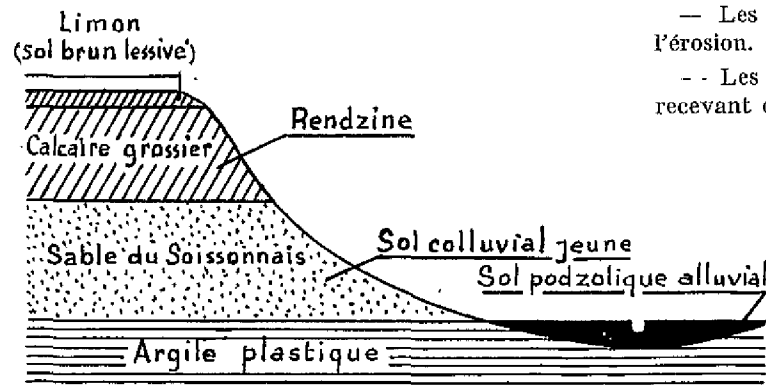
Ces deux motifs : motif édaphique de la catena et motif végétal sont superposés, du moins à l'origine. Par la suite, l'action de l'homme (par les feux et les défrichements), a dégradé, plus ou moins profondément, la végétation d'abord, le sol ensuite, par voie de conséquence.

Le terme *CATENA* signifie chaîne, celui de séquence peut lui être substitué.

Les types de sol se succèdent, et chacun peut se déduire, en principe, du précédent; ils figurent les anneaux d'une chaîne suspendue. La suite des types de sols étant épuisée, une suite nouvelle lui succède. L'existence de la chaîne peut être due à des différences de roche mère, c'est le cas le plus évident : (voir à titre d'exemple : sols de la vallée du Soissonnais, d'après A. DEMOLON (figure ci-dessous)).

Le plus souvent, la topographie suffit à la formation de la catena, en raison non seulement des positions différentes occupées par les sols, mais aussi de la répartition régulièrement variée des facteurs de formation :

végétation, taux d'humidité, érosion, épaisseur, teneurs en bases, etc...



Sols de la vallée du Soissonnais,  
d'après A. Demolon.

(Voir à titre d'exemple : sols sur pente calcaire d'après DUCHAUFOUR, figure ci-contre.)

Cette notion de catena est très féconde par suite de l'existence de relations entre les types de sols et la végétation qui les recouvre (bioséquence).

Ceci facilite grandement la détermination des sols à partir de l'examen de la végétation.

Ce procédé est très employé pour l'exécution des cartes pédologiques, il est très efficace et sûr à condition de ne pas se laisser entraîner par des extrapolations hasardeuses, en conservant une proportion suffisante de travail au sol, et une liaison constante entre ce travail et l'interprétation, réalisée principalement à l'aide de photographies aériennes.

Ce procédé est utilisé plus encore dans les pays tropicaux où la connaissance du milieu naturel est encore très extensive.

Aussi, n'est-il pas étonnant de voir des études à grande échelle entreprises dans ce sens, dès 1935 (MILNE, au Tanganyka) en 1939 (GREENE, au Soudan), et surtout à notre connaissance par l'équipe C. G. T. MORISON, A. C. HOYLE et J. F. HOPE-SIMPSON au Soudan Anglo-Egyptien, notamment en 1938-1939.

Le principe de l'étude est le suivant :

« La formation du sol en chaque place serait déterminée principalement par la topographie locale qui préside au mouvement de l'eau. »

La vérification de ce point de vue est plus frappante dans une zone tropicale de pluviosité moyenne surtout avec un relief peu accusé et un substratum géologique uniforme.

Trois types principaux de sols sont distingués d'après la situation topographique.

— Les sols éluviaux sur les parties hautes qui ne reçoivent en principe aucune eau de ruissellement, et par conséquent aucune matière dissoute ou en suspension.

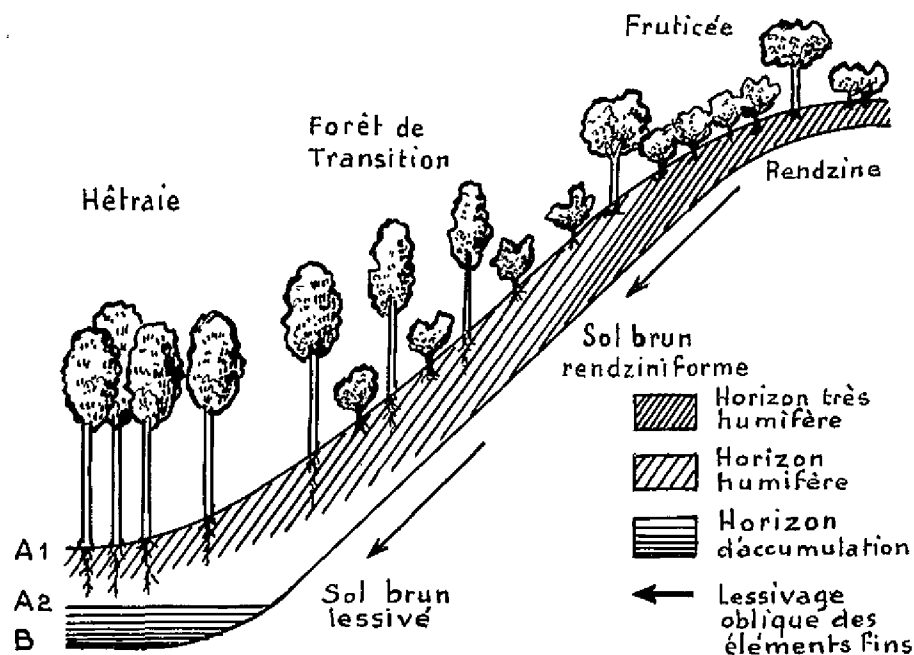
— Les sols colluviaux sur pente, affectés par l'érosion.

— Les sols alluviaux, soumis à l'inondation, recevant donc divers apports.

Cette étude est encore très extensive, elle couvre une trentaine de millions d'hectares. On admet que le substratum est uniforme, et constitué par des gneiss, et, également, que le relief est peu accusé : la pluviosité varie entre 800 et 1.500 mm.

La catena décrite est composite. Ce n'est pas un relevé exact ou schématique, mais un assemblage de complexes sol/végétation groupés sur une même coupe, représentant synthétiquement les séquences réelles, qui comportent plusieurs variantes.

Voici, très schématiquement figurées, les relations du sol et de la végétation, d'après cette étude :



HORIZONS ÉLUVIAUX	SOL	VÉGÉTATION
Eluvial profond	25-45 cm. Rougeâtre, faible lessivage, accumulation	<i>Khaya senegalensis</i> <i>Daniellia oliveri</i> ou <i>Isobertlinia doka</i> selon l'importance des précipitations.
Termitières sur sol profond	plus profond, plus humide, moins acide. Couleur variable	— <i>Khaya senegalensis</i> (toujours vert) — <i>Anogeissus Schimperi</i> — <i>Maba abyssinica</i> — <i>Diospyros mespiliformis</i> Nombreux buissons, et lianes.
Eluvial mince		— Arbres moins grands : { <i>Lanea</i> { <i>Terminalia</i> Buissons plus nombreux, herbe plus dense
Eluvial mince remanié	terme de dégradation par l'érosion du précédent	Peu d'arbres et de buissons, mais graminées : — <i>Hyparrhenia Barteri</i> — <i>Ctenium elegans</i>
Eluvial squelettique	plus dégradé que le précédent	<i>Hymenocardia acida</i>
Cuirasse affleurante	terme final de l'érosion	Végétation rare ou inexistante { <i>Manilkara Schweinfurthii</i> { <i>Indigofera bracteolata</i>
Transition : éluvial/colluvial	Colluvions gravillonneuses de bas de pente	<i>Khaya</i> <i>Diospyros</i> <i>Manilkara</i> ou <i>Isobertlinia doka</i> .

HORIZONS COLLUVIAUX	SOL	VÉGÉTATION
Colluvial grossier	de surface peu étendue en pente forte de texture grossière rougeâtre ou rose	<i>Bulbospermum parkii</i> <i>Hymenocardia acida</i>
Colluvial fin	profond, texture fine, couleur rougeâtre. Concrétionnement de fer en profondeur faiblement coloré en rouge.	Combretacées <i>Khaya senegalensis</i> et <i>Daniellia oliveri</i> clairsemés.
Colluvial très fin	limon brun chocolat traces d'hydromorphie en profondeur brun chocolat	bambous : <i>Oxytenanthera abyssinica</i>
Transition : Colluvial/illuvial	sol grisâtre. Zone de transition entre le colluvionnement par les pentes et l'inondation de la vallée. gris, avec gravillons rouges en surface	<i>Entada sudanica</i> . <i>Borassus aethiopicum</i> . <i>Acacia albida</i> . <i>Ficus platyphylla</i> . <i>Balanites aegyptiaca</i> . <i>Parkia oliveri</i> <i>Acacia albida</i> (près des villages).

HORIZONS ILLUVIAUX	SOL	VÉGÉTATION
Périodiquement inondés		
Illuvial drainé 1	gris brun ou gris, traces de fer à 30 cm périodiquement inondés, bien drainés (assez sableux)	<i>Terminalia macroptera</i> . <i>T. laxiflora</i> , <i>Pseudocedrela kotschyi</i> . Graminées : <i>Hyparrhenia rufa</i> .
Illuvial drainé 2	semblable au précédent	pas d'arbres. <i>Hyparrhenia rufa</i> . <i>Andropogon Gayanus</i>
Illuvial engorgé 1	alternance d'inondations par les pluies et par les rivières couleur gris clair	<i>Anogeissus</i>
Illuvial engorgé 2	plus sombre et de texture nettement plus fine, gris marron ou gris	<i>Mitragyna inermis</i>
Illuvial de dépression partielle	dépourvu de drainage, perd son eau par évaporation gris sombre, fin, acide	<i>Acacia seyal</i>
Illuvial de dépression	couleur brun gris ou brun, fréquemment à alcalis	<i>Acacia seyal</i> ou grandes herbes

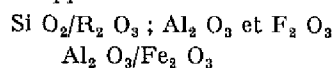
Cette étude est surtout botanique. Malgré sa précision, et l'abondance, et la variété des observations, elle est encore nettement extensive. Elle s'étend sur une surface très vaste et comporte plus d'observations qualitatives que d'études chiffrées.

Une trentaine de profils pédologiques ont cependant été analysés, sur plusieurs horizons.

Le plus grand mérite de ce travail est d'avoir tenté la liaison entre des observations qui auraient pu être exclusivement d'ordre botanique, et le sol.

Il a été tenu compte, pour le sol, de :

- 3 situations principales,
- 17 subdivisions, avec des variantes de la pente, de la texture du sol, avec analyses, du pH,
- du calcium échangeable,
- de la composition de l'argile, avec analyses des rapports :



Les auteurs ont particulièrement mis l'accent sur l'importance de l'eau, dont le ruissellement superficiel inégal interfère avec un climat qui, de ce fait, n'est plus uniforme.

Il a été tenu compte également de l'influence de l'homme, des cultures, des feux et de l'érosion possible.

Des fiches d'observation de cette sorte préfigurent les fiches pédologiques. Une remarque peut être faite cependant : certaines analyses chimiques assez lourdes auraient pu être avantageusement remplacées par la détermination des propriétés hydrodynamiques des sols, puisque c'est à l'eau que le rôle prédominant a été attribué.

#### B. — RELATIONS DE L'EAU ET DU SOL DANS UNE RÉGION SÈCHE

A Ouahigouya, en Haute-Volta, la pluie est en moyenne (sur 30 années d'observation) de 708 mm, en 48 jours.





Il y a 5 mois de pluie, et 7 mois de saison sèche.

Les pluies surviennent sous forme d'orages, souvent très violents ; les précipitations de plusieurs cm sont fréquentes ; une seule pluie peut apporter plus de 100 mm d'eau.

La perméabilité du sol étant incapable de faire face à de tels apports, elle est de l'ordre de 10 mm par heure, l'eau de pluie ruisselle, et forme une nappe, génératrice d'érosion.

Une pluie exceptionnelle de 10 cm pourrait, théoriquement, être absorbée par un sol d'une profondeur de 50 cm, ayant une capacité de rétention de 20 %, valeur très vraisemblable dans cette région.

Il faudrait pour cela, que l'eau séjourne sur place pendant au moins 50 heures, c'est-à-dire deux jours pleins, la perméabilité n'étant que de 1 cm par heure.

Cela ne se produit pas, sauf dans quelques dépressions très localisées dans les bas-fonds, et le plus généralement les nappes d'eau pluviales ruissellent sur les pentes, même les plus faibles, et se rassemblent dans les vallées.

Il en résulte une répartition très inégale des précipitations pluviales, qui influence la végétation superficielle et l'alimentation de la nappe phréatique souterraine.

### La végétation

La végétation en un point n'est pas sous la dépendance des précipitations moyennes de la région, mais directement liée à l'eau effectivement reçue et retenue par le sol en ce point.

A Ouahigouya, où les précipitations sont violentes et le sol imperméable, il est important de connaître la position de ce point par rapport à la ligne de crête.

A proximité de cette ligne, les eaux s'écoulent et le sol reçoit moins que la quantité d'eau représentée par la pluie tombée.

Dans la vallée au contraire, le sol reçoit la pluie et l'apport des nappes venues des pentes, donc plus que la quantité d'eau représentée par la pluie tombée.



Photo Sarlin.

*Savane arborescente*

Ces deux zones séparées par une ligne hypothétique, isohyète de la pluie moyenne, portent des végétations différentes :

*Savane arborée dense à Faidherbia dans la vallée.*



Sur les crêtes, on pourra trouver les formations suivantes :

- Sol nu.
- Steppe et savane claire.
- Savane arbustive et ses variations (savanes arbustives, tigrées et tachetées).



sur les pentes.

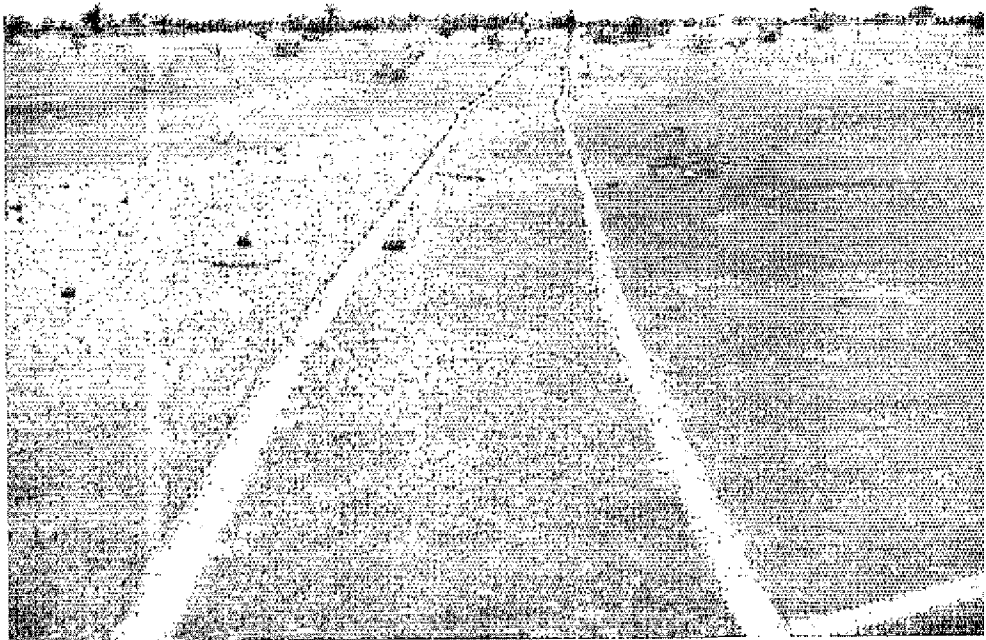


Photo Sarlin.

Sol nu au voisinage des crêtes.

La vallée sera le domaine de :

- La savane arborée et ses variations
- Forêts reliques.
- Savanes arborées en galerie.

#### Les eaux<sup>3</sup> souterraines

Sur les sols en situation relativement élevée, donc édaphiquement secs, les graminées à enracinement superficiel se dessèchent à coup sûr, les espèces buissonnantes à fort enracinement persistant seules, tous leurs éléments vivants étant desséchés.

Les vrais arbres sont, en règle générale, limités aux lieux bénéficiant d'une bonne alimentation

en eau ou d'une nappe phréatique proche de la surface du sol et bien alimentée.

Parmi ces arbres, le plus exigeant en eau, en saison sèche, est le *Faidherbia*, qui conserve ses feuilles, et par conséquent, une vie végétative intense, dans un milieu particulièrement chaud, ensoleillé, sec et ventilé.

Il n'y a rien d'extraordinaire à constater que les *Faidherbia*, ou plutôt les peuplements de cette espèce, sont liés à la présence d'une nappe phréatique proche, donc à la possibilité de rencontrer des puits, et des villages.

D'après une ancienne tradition, un Chef de terre devait installer un nouveau village là où les *Faidherbia* étaient nombreux.

La présence d'une telle nappe d'eau est une condition « sine qua non » pour le creusement d'un puits. La construction de celui-ci suppose la réalisation d'autres conditions.

Le puisatier traditionnel, disposant d'une bonne expérience, et de moyens rudimentaires, estime son terroir d'après son point de vue bien particulier :

- Les dômes surélevés seraient faciles à creuser, mais il n'y a pas d'eau.

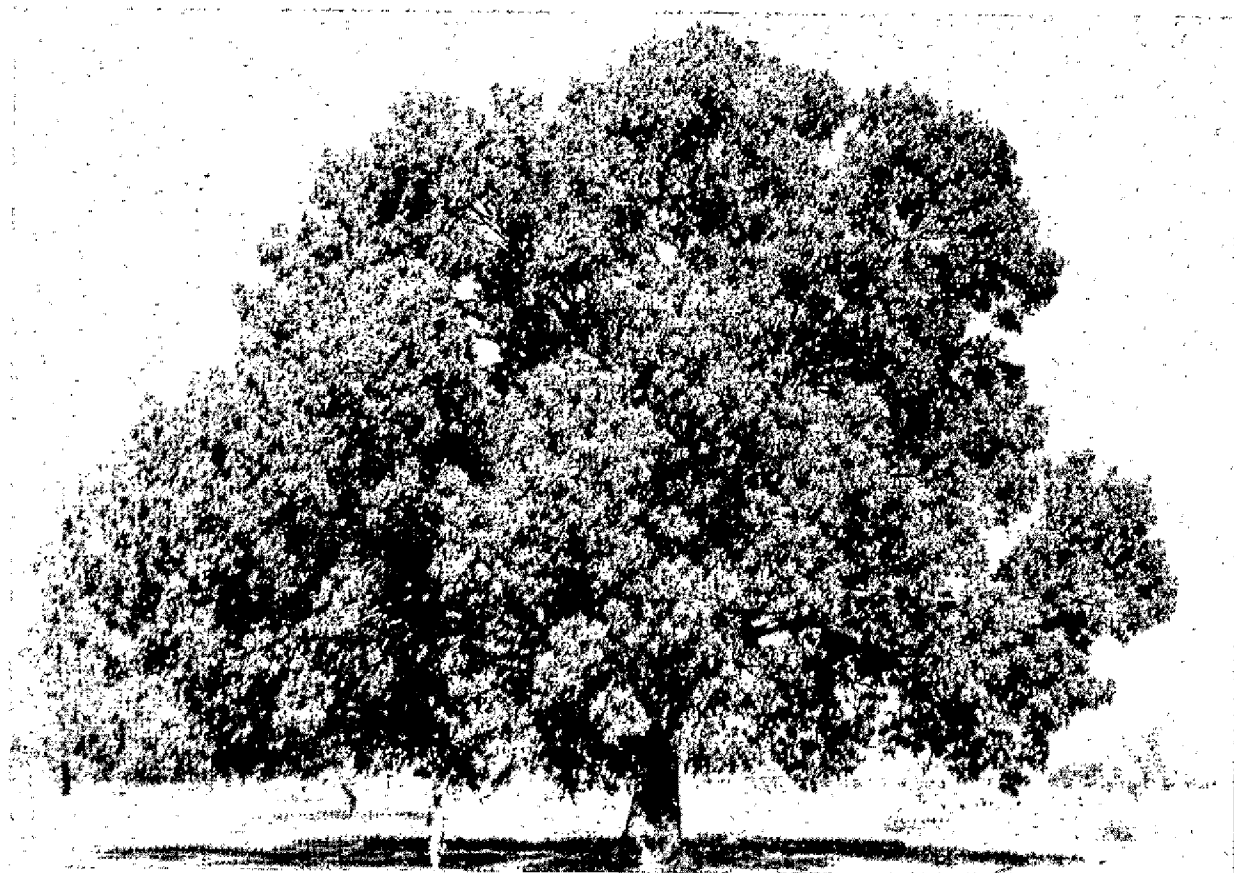


Photo Sarlin.

*Ouahigouya. Cailcedrat naturel dans un sol profond de vallée.*

— Il en est de même des collines ferrugineuses, également dépourvues d'eau.

— Les cuirasses latéritiques représentent, si elles sont suffisamment éloignées de la ligne de crête pour être bien alimentées par le ruissellement des eaux, une situation privilégiée.

- Le creusement est facile, avec les instruments du pays, la carapace en place étant relativement tendre.
- A la partie supérieure du puits, il n'y a qu'un mètre environ de sable gravillonnaire à coffrer en pierres sèches : pour ce faire, les blocs de latérite sont disponibles à proximité.
- Au-dessous, le coffrage est inutile : les parois de cuirasse mises à nu durcissent à l'air et le puits peut durer indéfiniment.
- Le faible débit du puits est suffisant pour les besoins réduits d'une collectivité traditionnelle, la carapace formant roche-magasin au-dessus du schiste imperméable.

Ce genre de puits est le plus répandu dans les villages.

Les autres situations sont considérées comme moins favorables, en particulier :

— Dans les bas-fonds des vallées et, surtout, dans l'axe du thalweg, il est encore plus sûr de trouver de l'eau, à une moindre profondeur, et plus abondante.

La terre argilo-sableuse fine est plus tendre, facile à creuser, et la nappe est très proche, souvent à 1 m seulement.

Par contre, ces puits, puisards plutôt, s'écroulent en hivernage, période pendant laquelle ils sont submergés par les eaux.

La limite de fluidité du sol est atteinte, les parois s'effondrent et le puits est comblé à la première grosse pluie.

Il faut recreuser à côté un nouveau puisard à la saison sèche, suivante.

Ceci est valable pour les puits traditionnels. Les puits modernes doivent tenir compte de l'expérience ancienne pour le choix des emplacements à réserver aux zones pourvues de nappes abondantes.

La technique du coffrage en ciment permet par contre de surmonter les inconvénients qui résultent

de l'écroulement des parois survenant soit dans le haut, en saison des pluies, soit dans le bas lorsqu'il est nécessaire en saison sèche de surcreuser en sables coulants pour maintenir le débit.

Le creusement d'un puits moderne doit tenir compte en outre de l'utilisation de l'eau des puits dans le pays, qui est, pour le moment, fixée par l'ordre d'urgence suivant :

1. Boisson.
2. Cuisine.
3. Abreuvement des animaux.
4. Arrosage des légumes et des arbres fruitiers qui apportent un revenu immédiat.
5. Arrosage du fumier semi-artificiel.
6. Irrigation.

Un programme de développement régional devra comporter le creusement de nombreux puits, non seulement pour satisfaire aux besoins traditionnels des populations, mais également en fonction des besoins nouveaux d'une technique agricole plus perfectionnée.

### Les modes de vie

Sur les sols belges des bas-fonds d'une part, et sur les sols rouges des hauteurs, très relatives, de ce pays, d'autre part, les modes de vie sont nettement distincts.

#### EN SAISON DES PLUIES.

Les Mossis cultivent les plaines qui ne sont que de très larges vallées. Le bétail des Peuls est rigoureusement exclu de cette zone de culture. Chèvres et moutons sont gardés au piquet ; les volailles elles-mêmes peuvent être maintenues hors des cultures dans des mues.

Les Peuls, installés pour la saison, sur des dômes, font parcourir à leurs troupeaux les terrains latéritiques situés sur les hauteurs. La nourriture se compose essentiellement de pâturage de *Loudetia*, de quelques autres graminées à l'état jeune, et de feuilles d'arbres : *Acacia*, *Jujubier*, *Maerua*, *Boscia*, *Moringa*, *Pterocarpus lucens*.

L'alimentation ne pose pas de problème aux Peuls, alors que les Mossis peuvent se trouver, à cette époque, à court de Mil.

#### EN SAISON SÈCHE.

Les Mossis ont rentré leurs récoltes, les tiges de mil jonchent les champs brûlés par le soleil.

Dans leur pays, les Peuls n'ont plus de pâturage, le *Loudetia* est devenu sec et sans valeur, le bétail n'a plus d'eau à boire. Aussi les Peuls quittent ils leurs grandes cases rondes d'hivernage et viennent-ils s'installer dans un champ mossi pour quelques mois, ou quelques jours, là où ils trouvent :

— l'eau pour leur bétail, dans les puits des vallées,

— les tiges de mil laissées sur les champs après la récolte,

— le pâturage arbustif des collines voisines.

En contre-partie, ils apportent au champ mossi la fumure de leur troupeau.

Cette utilisation alternative de deux terrains devient plus nécessaire et s'intensifie avec la multiplication du bétail qu'il faut abreuver et nourrir, et l'accroissement de la population qui entraîne suppression des jachères et épuisement des sols.

Ainsi la pédologie, en mesurant les éléments du sol et ses productions explique le pays, et permet de le comprendre d'une façon simplement qualitative pour commencer.



*Gailcedral planté sur mauvais sol  
« carapace latéritique ».*

Photo Sarlin.

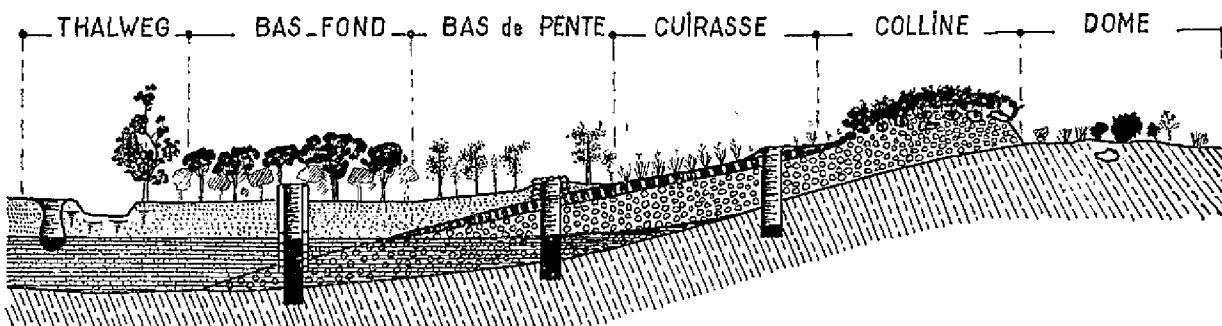
Si les observations sont chiffrées avec une approximation convenable, cela permet de déterminer avec une certitude suffisante certains paramètres et d'établir des bilans.

Constater que les rendements sont doublés par l'application d'une fumure organique sommaire avec des moyens rudimentaires, est un résultat élémentaire très significatif, réconfortant, et simple, du moins en apparence.

L'extrapolation d'un tel résultat, à l'échelle d'un

grand pays, paraît séduisante. Elle suppose la mise en œuvre de matières, telles que l'eau, la paille, le bétail : énergie pour creuser, transporter et fabriquer, conception pour calculer, préparer l'opinion et organiser.

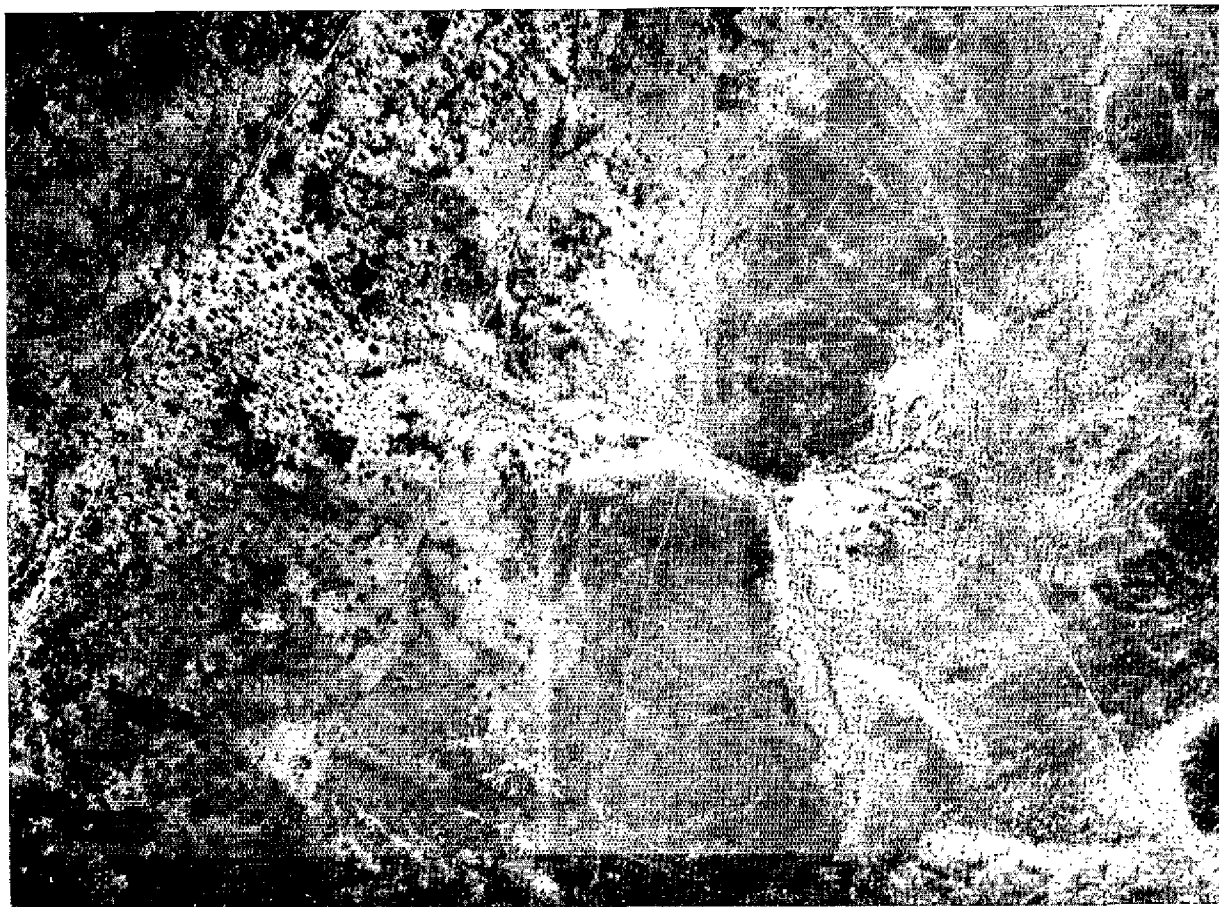
Avant de planifier, il faut connaître un certain nombre de paramètres. Dans la mesure où il s'agit de facteurs du milieu d'une économie primaire, la pédologie est utilisable. C'est précisément le cas des pays dont l'économie est en voie de développement sur des bases initialement naturelles.



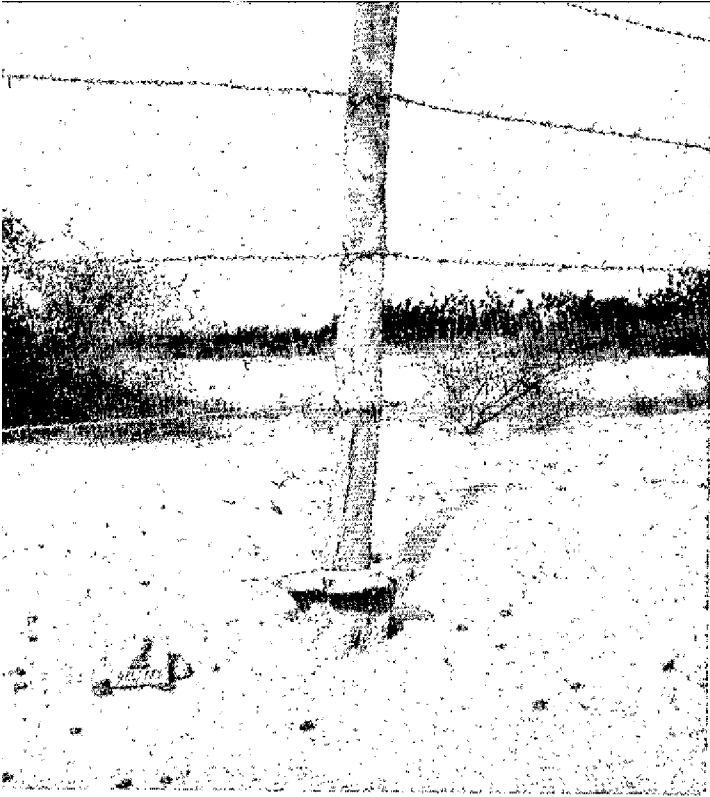
Thalweg	Bas-fond	Bas de pente	Cuirasse	Colline	Dôme
<b>Sols</b>					
Beige, argilo-sableux, souvent hydromorphes	Beige, sablo-argileux, périodiquement et partiellement inondés	Beige, sablo-argileux, ou sablogravillonnaire	Rouge, squelettique sur cuirasse	Rouge à blocs de latérite	Variable, sableux ou argileux
<b>Pente</b>					
nulle	moins de 0,5 %	1 %	2 %	forte	variable
<b>Puits</b>					
Puisards de saison sèche s'écoulant en hivernage	puits modernes, nécessité de coffrer, bon débit	puits traditionnels à pierres sèches et latérite débit moyen	puits aléatoires tarissant	pas d'eau	pas d'eau
<b>Végétation</b>					
<i>Khaya senegalensis</i>	<i>Butyrospermum parkii</i>	<i>Faidherbia albida</i>	<i>Mimosa asperata</i>	<i>Combretum elliotii</i>	Buissons
<i>Mitragyna inermis</i>	<i>Adansonia digitata</i>	<i>Cassia sieberiana</i>	<i>Detarium senegalense</i>	<i>Combretum soko-dense</i>	<i>Loudetia</i> et sol nu
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	<i>Pterocarpus lucens</i>	<i>Terminalia macroptera</i>	<i>Grewia mollis</i>		
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	<i>Tamarindus indica</i>	<i>Guiera senegalensis</i>			
<i>Ficus platyphylla</i>	<i>Bauhinia rufescens</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i>			
<i>Parkia biglobosa</i>	et autres espèces en partie éliminées par des cultures				
<i>Sporobolus pyramidalis</i>	<i>Rottboellia exaltata</i>	<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Loudetia logoensis</i>	peu d'herbes	<i>Loudetia</i>
<i>Setaria pallidifusca</i>	<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Pennisetum pedicellatum</i>	<i>Schoenefeldia gracilis</i>		<i>Eragrostis tremula</i>
<i>Cyperus sp.</i>	<i>Andropogon amplexifolius</i>		<i>Aristida adscensionis</i>		<i>Pennisetum pedicellatum</i> <i>Cenchrus ciliaris</i> <i>Cymbopogon schoenanthus</i>
<b>Cultures</b>					
<b>Irriguées :</b>					
Riz	Sorgho	Sorgho	Pâturages pour chèvres et moutons	Bois et chasse	Pâturages pour les bœufs des Peuls
Patates	Maïs	Mil			
	Coton	Pois souterrains			
	Tabac	Arachides			



<i>Jardins :</i> Pommes de terre Tomates Aubergines Choux Salades etc...					
<i>Vergers :</i> Mangues Goyaves Papayes Citrons					
<i>Mode de vie</i> Culture permanente intense en saison sèche avec clôture de protection	<i>Saison des pluies</i> Culture à base de Sorgho dans le parc à karités, souvent sans jachère, par les Mossis		<i>Saison des pluies</i> Pâturage	<i>Saison des pluies</i> Pâturage peuls	
	<i>Saison sèche</i> Parcage du bétail consommant les tiges de mil et appartenant aux Peuls		<i>Saison sèche</i> Pratiquement inutili- sés	<i>Saison sèche</i> Pâturage partiel de jour par les Peuls (feuilles & fruits des espèces ligneuses)	
<i>Aménagements</i> Petits barrages Irrigation Petits aménage- ments ruraux	Assolements, Fumure artificielle	Banquettes, Encadrement rural	Fossés de garde Utilisation de la paille	Protection	Banquettes Amélioration des pâturages



*Erosion du sol à Ouhigouya. Vue aérienne.*



L'érosion du sol,

Photo Sarlin.



le déboisement

Photo Sarlin.

doivent être combattus par

### III. — L'EAU ET LE SOL DANS LES REBOISEMENTS

Le but des reboisements est bien souvent d'obtenir une forte production ligneuse, qui exige de grandes quantités d'eau. Cette eau devra être non seulement fournie par les pluies, mais aussi livrée par le sol.

C'est à ce point de vue, notamment, que les sols à reboiser doivent être préalablement examinés.

#### LES EUCALYPTUS ET L'EAU DU SOL

Une opinion assez couramment répandue est la suivante :

Les Eucalyptus sont peu exigeants en ce qui concerne les qualités du sol. L'espèce étant judicieusement choisie pour le climat de la station, la croissance sera convenable, parfois très rapide, ce qui exige une alimentation en eau suffisante. Nous avons essayé à plusieurs reprises de préciser ce dernier point.

#### OBSERVATIONS SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'EUCALYPTUS CAMALDULENSIS ET L'EAU DU SOL.

##### Mauvaise végétation sur sol nu

##### 1. — PREMIÈRE OBSERVATION QUALITATIVE.

Il s'agit d'une parcelle d'*Eucalyptus camaldulensis* (origine : Maroc), plantée à Loandjili au Congo, en 1956, et observée en 1958, à l'âge de 2 ans.

Les plants paraissent, à première vue, de moins belle venue qu'une parcelle d'*Eucalyptus saligna* voisine, et, surtout, plus irréguliers :

Les sujets sont de trois sortes :

1° Les uns ont des branches depuis la base de la tige, **une bonne végétation**, un port ovoïde, une cime bien fournie, des feuilles bien vertes.

Au pied : des feuilles accumulées sur 5 à 10 cm d'épaisseur recouvrent le sol, qui contient de nombreuses racines superficielles, et dont l'humidité est discernable au toucher, et non absolument négligeable : 0,9 %.

2° Les autres, **plus chétifs**, l'élagage des branches basses est avancé, le feuillage est diffus, clairsemé, **rougeâtre**. Il n'y a **pas de feuilles au pied** ; peu ou pas de racines superficielles, le sol est sableux et sec.

3° Enfin, des sujets très rabougris, **entièrement secs**, ou des places vides, **sans couverture morte ni feuilles sèches**. La surface du sol est pratiquement sèche : 0,3 % d'eau.

En séparant ces trois catégories, sur un lot de 104 sujets de 2 ans, on constate que les sujets disposant de litière au pied ont eu le même développement que la moyenne des *E. saligna* voisins, et que le ralentissement du développement, puis l'élimination par dessiccation semble liée à l'absence de cette litière accumulatrice et protectrice de l'eau du sol :





Photo Sarlin.

L'abus du pâturage.

La lutte contre l'érosion

22 manquants, ou secs dénudés au pied ; diamètre = 0 ;

56 dénudés au pied plus ou moins complètement ; diamètre = 3,5 cm ;

26 à litière bien fournie ; diamètre = 5,4 cm.

Il se trouve que le diamètre de 5,4 cm est le diamètre moyen des *Eucalyptus saligna* voisins, de belle venue, et, aussi uniformément pourvus au pied d'une couverture morte continue.

L'aspect irrégulier de la parcelle d'*Eucalyptus camaldulensis* est donc imputable à la discontinuité de la couverture morte, qui surviendrait :

- après un sarclage à la pelle trop énergique, pour parfaire un nettoyage à la herse à disques,
- à la suite d'un coup de vent ;
- dans des zones à végétation moins vigoureuse.

Absence de couverture morte et dessiccation des plants paraissent liées, l'un des deux phénomènes pouvant être la cause de l'autre.

## 2. — DEUXIÈME OBSERVATION.

*Eucalyptus camaldulensis* plantés en 1958, âgés de 2 ans en 1960 (au Congo).

Nous avons observé 10 sujets bien secs, qui ont été dégagés et ont donné lieu aux remarques suivantes :

— Les *Eucalyptus* secs sont, en général, de taille plus petite que la moyenne.

Pourtant, ils peuvent être relativement grands et voisiner avec des sujets bien verts, plus petits.

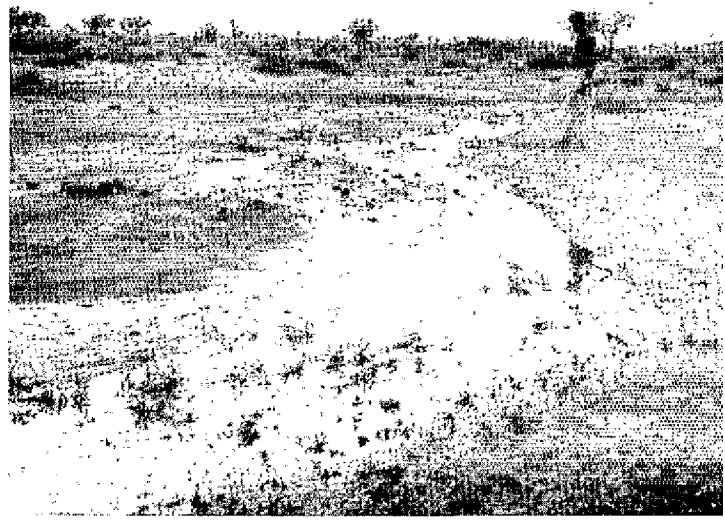


Photo Sarlin.

La stérilisation des terres cultivées.

— Le pied est dénudé, le sol est dur, sec, motteux.

— Il est fréquent de voir des rassemblements de Fourmis au voisinage immédiat du tronc sec.

— Il peut y avoir des sujets à demi-défeuillés (par le bas) ou pourvus de feuilles cuivrées, ou rouges, mais il est plus courant d'observer des sujets dont la dessiccation a dû être brutale.

### Interprétation de cette observation :

Les racines sont estimées d'après leur section.

Les sujets secs ou en voie de dessiccation ont un pivot relativement peu développé.

On peut penser que les racines traçantes ont principalement un rôle de nutrition ; le pivot sert de support et va chercher l'eau en profondeur pendant les périodes sèches.

Le déséquilibre de l'enracinement peut entraîner, en période sèche, et sur sols sableux mal pourvus en eau, une dessiccation du sujet.

Ceci pourra se produire :

- si le sol devient sec en surface ;
- si la majorité des racines se trouve précipitément en surface.

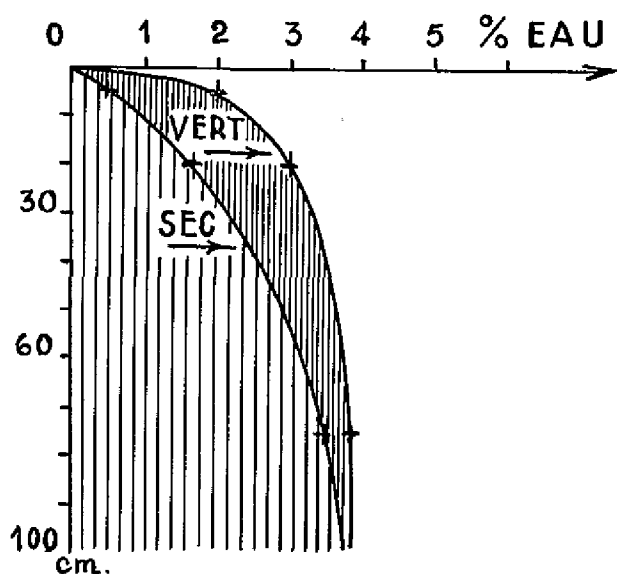
C'est le cas des 10 sujets secs observés, chez lesquels la proportion :

$$\frac{\text{section des racines traçantes}}{\text{section totale des racines}}$$

est en moyenne de 76 %.

Chez un *Eucalyptus* à feuilles rougissantes, près de la dessiccation, ce chiffre est de 65 %. Il est de 30 à 40 % chez les sujets en bonne végétation.

## EAU DISPONIBLE DANS LE SOL



L'eau du sol est conservée par la couverture morte.

Cette disproportion des racines traçantes ne constitue pas en elle-même un défaut, elle devient un danger en cas de dessiccation superficielle du sol.

### 3. — TROISIÈME OBSERVATION.

Développement des *Eucalyptus saligna* et eau du sol. Présence ou absence des *Eucalyptus* et eau du sol.

Afin de rechercher si les places vides correspondent à une faible teneur en eau du sol, nous avons prélevé des échantillons superficiels de sol à 1 m du tronc ou de son emplacement en cas d'absence.

(5 prélèvements dans chaque cas, 5 répétitions avant mélange, un échantillon de sol représentant 25 prélèvements auprès de 5 *Eucalyptus*) :

1° Sur une place vide, après dessiccation du sujet, l'édaphisme (1) étant négatif (—), aucun sujet n'existe sur les places observées.

— Teneur en eau : 2,6 %.

2° Sur une place pourvue d'un sujet en bon état végétatif, l'édaphisme étant positif (++), les sujets, tous en place, ayant en moyenne 12 cm de diamètre (chiffre supérieur à la moyenne générale 10 cm).

— Teneur en eau : 4,2 %.

(1) Edaphisme : moyenne des diamètres du sujet et de ceux des huit sujets qui l'entourent, comparée au diamètre du sujet moyen.

Répétition :

— Places vides : 2,7 % d'eau.

— Beaux sujets : 4,2 % d'eau.

Une bonne végétation semble donc liée à une teneur en eau du sol plus importante que celle des zones à végétation déficiente. Si on veut entrer dans le détail, on observe :

Diamètre en cm	Edaphisme	Teneur en eau %	moyenne des diamètres.
22	—	3,3	
19	+	3,1	
16	+-	3,4	
14	+-	3,4	
12	.	4,5	
10	.	3,4	
8	—	3	
6	.	2,5	
4	—	3	
1	—	2,6	

La suite est remarquable : teneurs en eau supérieures à 3 % diamètres au-dessus de la moyenne, teneurs de 3 %, ou moins, diamètres au-dessous de la moyenne des diamètres.

Cependant :

- Les différences sont faibles.

Il n'y a pas de relation linéaire entre les diamètres et les teneurs en eau, mais plutôt l'indication d'un seuil vers 3 % d'humidité.

— La relation est donc plus nuancée, mais beaucoup moins nette que dans le cas précédent, comparaison de sujets extrêmes.

### Rôle de la couverture morte

La couverture morte joue un rôle dans l'économie en eau et dans la nutrition des *Eucalyptus*.

#### 1. — Protection de l'eau superficielle du sol.

Les teneurs en eau du sol (très sableux) en saison sèche, peuvent être les suivantes :

Profondeurs du sol	Sujet absolument sec	Sujet très vert
Humidité à 0-10 cm	0,5	2
— 15-30 cm	1,85	3,05
— 60-70 cm	3,50	3,75

En profondeur, vers 1 m, l'humidité du sol est de 4 %. La dessiccation est partielle sous la couverture morte, presque complète en terrain nu.

La comparaison de deux profils du sol nu ou recouvert de feuilles mortes nous montre que l'eau disponible entre 0 et 30 cm de profondeur équivaut à :

— une lame d'eau de 4 mm en sol nu ;

— une lame d'eau de 9 mm en sol protégé.

## 2. — Accumulation d'eau.

Les litières sont réparties sur le sol à raison de 300 g à 1.000 g par m<sup>2</sup> et retiennent une quantité d'eau équivalente à une lame d'eau de 0,3 à 1 mm.

Il est bon de rappeler que la quantité d'eau contenue dans le végétal (âge de 4 à 5 ans) représente :

--- une lame d'eau de 3 mm, et que la consommation du peuplement doit être supérieure à une quantité d'eau représentant 300 mm par an.

La rétention propre de la couverture morte est donc peu de chose en comparaison :

— de la quantité d'eau contenue dans l'horizon supérieur du sol, protégé par la couverture morte, bien supérieure à celle de la couverture morte elle-même ;

— du maintien d'une continuité entre les horizons inférieurs humides du sol, et la surface pourvue abondamment de racines et qui a tendance à se dessécher.

## 3. — Nutrition minérale.

La litière est nettement plus riche que le sol, elle contribue à la nutrition des nombreuses radicules superficielles.

Il y a une relation entre l'édaphisme (diamètres moyens de quelques sujets en un point, rapportés à la moyenne générale) et la quantité de litière pesée au m<sup>2</sup>.

Edaphisme	Diamètre	Litière au mètre carré
+	18 cm	950 grammes
++	12 cm	900 grammes
+	9 cm	600 grammes
.	6 cm	550 grammes
—	0 cm	300 grammes.

Nous avons donc, sinon une corrélation linéaire, du moins une *variation dans le même sens de l'édaphisme et de la quantité de litière*.

### Résumé de l'étude des relations entre la croissance des *Eucalyptus* et l'eau du sol

1. -- Les dessiccations de jeunes sujets d'*Eucalyptus* sont imputables, du moins en grande partie,

à une faible teneur en eau des horizons superficiels du sol.

2. -- Les sujets à enracinement superficiel, peu fournis en racines pivotantes sont les plus atteints.

3. -- Il existe une certaine liaison, sans bonne corrélation, entre la croissance et l'eau du sol.

4. -- Le premier rôle dans l'approvisionnement en eau semble être tenu par la couverture morte, feuilles sèches surtout, principalement par son effet d'**écran protecteur** au bénéfice de l'eau du sol, accessoirement par la rétention en eau qui lui est propre.

